

Text

AN: PAT 2002-061894

TI: Diagnosing voltage control for piezoelectric actuator for injection valve involves specifying tolerance band taking into account system and injection conditions

PN: WO200175289-A1

PD: 11.10.2001

AB: NOVELTY - The method involves measuring actuator drive voltages in individual control phases. A tolerance band (B1-B4) and/or voltage gradient is specified for the drive voltage per control phase. The tolerance band is specified taking into account system and injection conditions, e.g. pressure and temperature. A diagnostic check is conducted; if the voltage level is not achieved with the specified tolerance bands a fault message is output and/or stored. DETAILED DESCRIPTION - INDEPENDENT CLAIMS are also included for the following: use of the method for an injection valve in a common rail system for a motor vehicle engine.; USE - For diagnosing the voltage control for a piezoelectric actuator for an injection valve. ADVANTAGE - Simple monitoring of the drive characteristic is achieved using tolerance bands specified taking into account system and injection conditions so that it can easily be determined whether the desired drive voltage has been supplied for the current injection cycle using plausibility checking. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a schematic representation of tolerance bands tolerance bands B1 -B4

PA: (BOSC) BOSCH GMBH ROBERT; (MROS/) MROSIK M;
(PITZ/) PITZAL V; (RUEG/) RUEGER J; (SCHU/) SCHULZ U;

IN: MROSIK M; PITZAL V; RUEGER J; SCHULZ U;

FA: WO200175289-A1 11.10.2001; US6820474-B2 23.11.2004;
DE10016476-A1 06.12.2001; EP1272754-A1 08.01.2003;
JP2003529714-W 07.10.2003; US2004008032-A1 15.01.2004;

CO: AT; BE; CH; CY; DE; DK; EP; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; JP;
LI; LU; MC; NL; PT; SE; TR; US; WO;

DN: JP; US;

DR: AT; BE; CH; CY; DE; DK; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; LU; MC;
NL; PT; SE; TR; LI;

IC: F02D-041/20; F02D-041/38; F02D-045/00;
F02M-047/00; F02M-051/06; F02M-065/00; G01M-015/00;
G01R-031/08; H01L-041/04;

MC: V06-L01A; V06-N07; V06-U03; X22-A03A1;

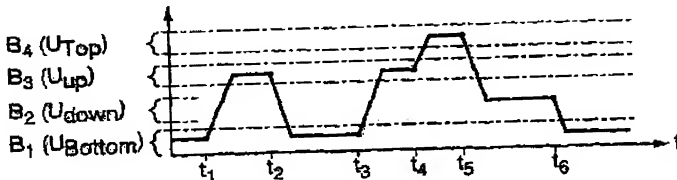
DC: Q52; Q53; V06; X22;

FN: 2002061894.gif

PR: DE1016476 01.04.2000;

FP: 11.10.2001

UP: 30.11.2004



BEST AVAILABLE COPY

Docket # S 3-02P14125

Applic. # RT/DE 03/0036 35

Applicant: ERIC CHEMISKY ET AL.

Lerner and Greenberg, P.A.

Post Office Box 2480

Hollywood, FL 33022-2480

Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101

2002 P 14125



19 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 100 16 476 A 1**

37
51 Int. Cl. 7:
F 02 D 41/20
F 02 M 51/06

21 Aktenzeichen: 100 16 476.5
22 Anmeldetag: 1. 4. 2000
31 Offenlegungstag: 6. 12. 2001

DE 100 16 476 A 1

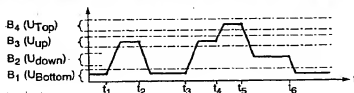
11 **Anmelder:**
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

17 **Erfinder:**
Rueger, Johannes-Jörg, Dr., 71665 Vaihingen, DE;
Mrosik, Matthias, 70186 Stuttgart, DE; Pitzal, Volker,
73550 Waldstetten, DE; Schulz, Udo, 71665
Vaihingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 **Verfahren zur Diagnose der Spannungsansteuerung für einen piezoelektrischen Aktor eines Einspritzventils**

17 Erfindungsgemäß wird ein Verfahren zur Diagnose der Ansteuerspannung für einen piezoelektrischen Aktor eines Einspritzventils vorgeschlagen, bei dem für die einzelnen Phasen des Einspritzvorgangs die Ansteuerspannung gemessen wird. Zu jeder Steuerphase wird ein entsprechendes Toleranzband ($B_1 \dots B_4$) vorgesehen, das über den Sollwert der Ansteuerspannung (U_a) gelegt wird. Die Toleranzbereiche ($B_1 \dots B_4$) werden in Abhängigkeit von Betriebs-, und/oder Umweltbedingungen festgelegt. Werden für die einzelnen Ansteuerzyklen die entsprechenden Toleranzbereiche nicht erreicht, dann werden bei wiederholter Messung diese Fehlmessungen gezählt. Bei Überschreiten einer vorgegebenen Anzahl für die Fehlmessungen wird ein dauerhafter Fehler diagnostiziert. Wird nach einiger Zeit die Anzahl nicht überschritten, dann wird der Zähler zurückgesetzt. Im Fehlerfall kann der Fehlerspeicher beim Service über einen Servicestecker zurückgesetzt werden.



DE 100 16 476 A 1

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Diagnose der Ansteuerspannung für einen piezoelektrischen Aktor eines Einspritzventils nach der Gattung des Hauptanspruchs. Es ist schon bekannt, piezoelektrisch angetriebene Einspritzventile insbesondere für ein Common-Rail-System zu verwenden. Dabei wird zur Einleitung des Einspritzvorgangs der Aktor mit einer entsprechenden Spannung angesteuert, so dass aufgrund seiner Längenänderung eine Ventinadel den Einspritzkanal für den Einspritzvorgang öffnet bzw. schließt. Da das Einspritzmedium, insbesondere Kraftstoff für einen Verbrennungsmotor unter hohem Druck steht, ist zur hochgenauen Dosierung der Einspritzmenge eine exakte Öffnungs- und Schließdauer des Einspritzventils erforderlich. Insbesondere bei Einspritzventilen mit einem doppel-schaltenden Steuerventil ergibt sich das Problem, dass aufgrund des Hystereseverhaltens des piezoelektrischen Aktors sowohl für die Schließstellung im zweiten Sitz als auch für die zwei 'offen'-Stellungen je nach Schaltstrichung unterschiedliche Spannungen erforderlich sind. Bei Nichterreichen der vorgesehenen Ansteuerspannung des Aktors kann es zum Aussetzen der Einspritzung und damit zur Lauf-ruhe des Motors, Verschlechterung des Abgases und Komfortverschlechterungen kommen.

Vorteile der Erfindung

[0002] Das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Vorteilen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass durch Bildung eines Toleranzbänders für jede Ansteuerung eine einfache Überwachung des Ansteuerungsverlaufs möglich ist. Besonders vorteilhaft ist, dass die Toleranzbänder unter Berücksichtigung von System- und Einspritzbedingungen festgelegt werden, so dass durch eine Plausibilitätsprüfung leicht feststellbar ist, ob zu dem momentanen Einspritzzyklus die gewünschte Ansteuerspannung vorgelegen hat.

[0003] Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des in Hauptanspruch angegebenen Verfahrens möglich. Besonders vorteilhaft ist, dass die Ansteuerspannung im Bereich der Aktorklemmen gemessen wird, so dass auch Leitungsunterbrechungen bis zum Aktor gleichzeitig erfasst werden.

[0004] Bei Einspritzsystemen mit einer Mehrfacheinspritzung innerhalb eines Ansteuerungsverlaufszyklus ist vorteilhaft, dass in jeder Phase der Einspritzung das gewünschte Niveau der Ansteuerspannung überwacht wird. Dadurch ist gewährleistet, dass jeder Einspritzimpuls überwacht wird und Fehler leicht erkannt werden.

[0005] Durch die symmetrische Lage der Toleranzbänder um die Sollwerte ist sichergestellt, dass Über- oder Untersteuerungen im gleichen Maße erkannt werden.

[0006] Bei einem Einspritzventil mit einem doppelt schaltenden Steuerventil ergeben sich für die einzelnen Schaltzustände wenigstens vier Spannungsniveaus, die vorteilhaft auf einfache Weise ohne Mehraufwand überwacht werden können.

[0007] Bei Nichterreichen eines der vorgegebenen Toleranzbänder liegt ein Fehler vor, der zu einer Einspritzstörung, Fehleinspritzung oder Motorschaden führen kann.

[0008] Insbesondere durch Mehrfachmessung und Zählung der fehlerhaften Meßwerte kann auf einfache Weise eine Fehleranalyse durchgeführt werden. Tritt beispielsweise nur sporadisch ein Fehler auf, dann kann dies auch ein

Hinweis auf eine harmlose Störung sein. In diesem Fall wird der Zähler automatisch zurückgesetzt.

[0009] Erst wenn die Fehler kontinuierlich auftreten, kann darauf geschlossen werden, dass der entsprechende Aktor 5 bzw. das entsprechende Einspritzventil nicht ordnungsgemäß arbeitet. Bei einem derartigen Fehlerfall, wenn eine bleibende Regelabweichung vorliegt, kann in alternativer Ausgestaltung von "Ansteuerspannung regeln" auf "Ansteuerspannung steuern" umgeschaltet werden, um vorteilhaft 10 zumindest einen Notbetrieb aufrechtzuerhalten.

[0010] Sollte jedoch der Aktor selbst defekt sein, dann wird dieser abgeschaltet, um nicht das Steuergerät mit seiner Endstufe zu schädigen.

[0011] Vorteilhaft ist auch, die zuletzt gewählte Ansteuerspannung beizubehalten, wenn davon ausgegangen werden kann, dass beispielsweise die Regelung nicht wunschgemäß 15 arbeitet.

[0012] Ein aufgetretener Fehler wird vorteilhaft gespeichert, damit er beispielsweise in der Werkstatt nachvollziehbar ist und das entsprechende Bauteil ausgetauscht werden kann.

[0013] Insbesondere zur Erfüllung von Verbrauchs- und Abgasforderungen erscheint die Anwendung des Verfahrens bei einem Common-Rail-Einspritzsystem vorteilhaft.

Zeichnung

[0014] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung 30 näher erläutert. Fig. 1 zeigt ein Einspritzventil mit einem doppelt schaltenden Steuerventil, Fig. 2 zeigt ein Diagramm mit einer Ansteuercharakteristik, Fig. 3 zeigt drei Funktionsdiagramme, Fig. 4 zeigt ein Spannungsdiagramm, Fig. 5 zeigt ein Blockschaltbild für eine Spannungsregelung und Fig. 6 zeigt ein Blockschaltbild für eine Gradientenregelung.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

[0015] Fig. 1 zeigt in schematischer Darstellung ein Einspritzventil 1 mit einer zentralen Bohrung. Im oberen Teil ist ein Stellkolben 3 mit einem piezoelektrischen Aktor 2 eingebracht, wobei der Stellkolben 3 mit dem Aktor 2 fest verbunden ist. Der Stellkolben 3 schließt nach oben hin einen hydraulischen Koppler 4 ab, während nach unten eine Öffnung mit einem Verbindungskanal zu einem ersten Sitz 6 vorgesehen ist, in dem ein Kolben 5 mit einem Verschiebeglied 12 angeordnet ist. Das Verschiebeglied 12 ist als doppel-schließendes Steuerventil ausgebildet. Es verschiebt 40 den ersten Sitz 6, wenn der Aktor 2 in Ruhephase ist. Bei Betätigung des Aktors 2, d. h. beim Anlegen einer Ansteuerspannung Ua an den Klemmen +, -, betätigt der Aktor 2 den Stellkolben 3 und drückt über den hydraulischen Koppler 4 den Kolben 5 mit dem Verschiebeglied 12 in Richtung auf einen zweiten Sitz 7. Unterhalb des zweiten Sitzes ist in einem entsprechenden Kanal eine Düsen-nadel 11 angebracht, die den Auslauf im Hochdruckkanal (Common-Rail-Druck) 13 schließt oder öffnet, je nach dem, welche Ansteuerspannung Ua anliegt. Der Hochdruck wird durch das einzuspritzende Medium, beispielsweise Kraftstoff für einen Verbrennungsmotor über einen Zulauf 9 zugeführt. Über eine Zulauf-drossel 8 und eine Ablaufdrossel 10 wird die Zuflussmenge des Mediums in Richtung auf die Düsen-nadel 11 und den hydraulischen Koppler 4 gesteuert. Der hydraulische 45 Koppler 4 hat dabei die Aufgabe, einerseits den Hub des Kolbens 5 zu verstärken und andererseits das Steuerventil von der statischen Temperaturordnung des Aktors 2 zu entkoppeln.

[0016] Im folgenden wird die Funktionsweise dieses Einspritzventils näher erläutert. Bei jeder Ansteuerung des Aktors 2 wird der Stellkolben 3 in Richtung des hydraulischen Kopplers 4 bewegt. Dabei bewegt sich auch der Kolben 5 mit dem Verschließglied 12 in Richtung auf den zweiten Sitz 7 zu. Über Leckschleife wird dabei ein Teil des im hydraulischen Koppler 4 befindlichen Mediums, beispielsweise der Kraftstoff, herausgedrückt. Zwischen zwei Einspritzungen muß daher der hydraulische Koppler 4 wieder befüllt werden, um seine Funktionssicherheit zu erhalten.

[0017] Über den Zulaufkanal 9 herrscht ein hoher Druck, der beim Common-Rail-System beispielsweise zwischen 200 und 1600 bar betragen kann. Dieser Druck wirkt gegen die Düsenadel 11 und hält sie gegen den Druck einer nicht dargestellten Feder geschlossen, so dass kein Kraftstoff ausströmen kann. Wird nun in Folge der Ansteuerung Spannung U_a der Aktor 2 betätigt und damit das Verschließglied 12 in Richtung des zweiten Sitzes bewegt, dann baut sich der Druck im Hochdruckbereich ab und die Düsenadel 11 gibt den Einspritzkanal frei. Da in dem hydraulischen Koppler 4 ein viel geringerer Druck herrscht, beispielsweise nur 10% des Hochdrucks, wird nach dem Zurücknehmen der Ansteuerung Spannung U_a der hydraulische Koppler 4 wieder befüllt.

[0018] Das Diagramm der Fig. 2 zeigt eine Ansteuercharakteristik für den Aktor 2. In Abhängigkeit von der Ansteuerung Spannung U_a ist der Hub, d. h. die Längenänderung des Aktors 2 aufgetragen. Wegen des doppelt schließenden Steuerventils 12 hat der Aktor 2 zwei Schließstellungen. In der Endstellung 1 liegt das Verschließglied 12 am ersten Sitz 6 an, wenn keine Ansteuerung Spannung U_a am Aktor 2 anliegt. Diese Position ist mit 'unten geschlossen' bzw. 'bottom' gekennzeichnet. Die zweite Schließstellung in Position 2 wird erreicht, wenn das Verschließglied am zweiten Sitz 7 anliegt. In diesem Fall ist die höchste Ansteuerung Spannung U_a aufzuwenden. Diese Stellung wird mit 'oben geschlossen' bzw. 'Top' bezeichnet. Zwischen diesen beiden Positionen 1, 2 liegen die Hysterese Kennlinien a bzw. b, die in Abhängigkeit von der Bewegungsrichtung durchlaufen werden. Bewegt sich beispielsweise das Verschließglied 12 entlang der Kennlinie a von Position 1 in Richtung Position 2, dann muß die Ansteuerung Spannung U_a entsprechend erhöht werden. Die Stellung 'offen' bzw. 'up' wird dann in Position 3 erreicht. Diese Position stellt eine Zwischenstellung des Verschließglieds 12 zwischen den beiden Sitzen 6 und 7 dar. Im umgekehrten Fall, wenn sich das Verschließglied 12 von Position 2 in Richtung Position 1 bewegt, wird die Kennlinie b durchlaufen. Die 'offen'-Stellung wird im Punkt 4 erreicht. Dieser Punkt ist mit 'down' bzw. 'open' bezeichnet. Für die Offenstellung 'offen' sind daher die beiden Spannungen 'down' oder 'up' möglich. In der Praxis hat sich gezeigt, dass diese Spannungen neben der Hysterese-Eigenschaft des Aktors 2 auch von den in der jeweiligen Schaltung unterschiedlichen Kräfteverhältnissen mit beeinflusst wird.

[0019] In Fig. 3 sind für drei Funktionsdiagramme die Einspritzparameter Vent, U_a und TR für eine Vierfacheinspritzung an einem Einspritzventil 1 über die Zeit t aufgetragen. Das obere Diagramm zeigt die Einspritzdauer bei den Einspritzungen E_1 , E_2 , E_3 und E_4 . Die Bezeichnung 1 bedeutet, daß das Ventil Vent geöffnet ist. Bei 0 ist das Ventil Vent geschlossen. Die Einspritzungen können Vor-, Haupt- und Nachspritzungen für einen einzigen Einspritzzyklus an einem Einspritzventil sein. In weiterer Ausgestaltung der Erfindung sind alternativ auch anders gestaltete Einspritzzyklen vorsehbar.

[0020] Das mittlere Diagramm zeigt die Ansteuerung Spannung U_a für den Aktor 2 zu den einzelnen Einspritzungen, so dass die Einspritzungen E_1 , ..., E_4 erfolgen können. Das untere Diagramm zeigt die Triggerung TR für die Ansteuerung

der Ansteuerung Spannung U_a zu den entsprechenden Zeitpunkten t_1 , t_2 für die erste Einspritzung, t_3 , t_4 für die zweite Einspritzung, t_5 , t_6 für die dritte Einspritzung und t_7 , t_8 für die vierte Einspritzung. Bemerkenswert dabei ist, dass die Ansteuerung Spannung U_a in Abhängigkeit von der Schalterstellung und der Position des Verschließglieds 12 unterschiedlich hoch ist. Beispielsweise ist die Ansteuerung Spannung U_a zwischen den Zeitpunkten t_1 , t_3 am höchsten. Hier liegt das Verschließglied 12 am zweiten Sitz 7 an, so dass keine Einspritzung erfolgen kann. Ebenso erfolgt bei der Spannung $U_a = 0$ keine Einspritzung.

[0021] Anhand der Fig. 4 wird nun die erfindungsgemäße Überwachung dieser Ansteuerungen, wie sie zu Fig. 3 erläutert wurden, in ihrer Funktion näher erläutert. Zu jedem Spannungsniveau für die einzelnen Stellungen des Verschließglieds 12 wird ein Toleranzband B_1 , B_2 , B_3 , B_4 gebildet. Dieses Toleranzband wird aufgrund von Betriebsparametern des Einspritzsystems, des Verbrennungsmotors oder von Umweltbedingungen gebildet. Bei einem Common-Rail-System ist es beispielsweise der Druck (Rail-Druck), die Temperatur, Motordrehzahl usw. Entsprechende Steuerschaltungen sind in Fig. 5 und 6 vorgeschlagen und werden später näher erläutert werden.

[0022] Die Steuerschaltung gibt eine Sollsteuerung Spannung für die Ansteuerung Spannung U_a vor, die unter Berücksichtigung der einzelnen Parameter zur Ansteuerung des Aktors 2 erforderlich ist. Um diese Sollwerte für die Ansteuerung Spannung U_a werden entsprechende Toleranzbänder B_1 bis B_4 vorzugsweise symmetrisch gelegt. Fig. 4 zeigt wieder eine Vielfacheinspritzung für einen Einspritzzyklus, der wie folgt abläuft. Bis zur Zeit t_1 liegt die Ansteuerung Spannung U_a im Bereich von 0 V. Hier wird das Toleranzband B_1 entsprechend für die Spannung U_{bottom} gelegt. Diese Spannung entspricht der Position 1 gemäß der Fig. 2. Für die 'offen'-Stellung gemäß der Spannung U_{up} ist das Toleranzband B_3 vorgesehen. Entsprechend ist für die zweite Endstellung in Position 2 (Fig. 2) das Toleranzband B_4 für die Spannung U_{top} vorgesehen. Bei der Bewegung des Verschließglieds 12 in Richtung auf den ersten Sitz 6 ist noch das Toleranzband B_2 entsprechend der Spannung U_{down} vorgesehen. Die Zeitpunkte t_1 bis t_8 stellen die Triggerpunkte dar, bei denen die Spannung ansteigt bzw. abfällt. Vor und nach diesen Zeitpunkten wird jeweils mit einer vorhandenen Meßeinrichtung, die vorzugsweise an den Anschlußklemmen des Aktors 2 angeschlossen ist, die Ausgangsspannung U_a gemessen und mit einer Fehlereinrichtung überprüft, ob die Sollwerte für die Ansteuerung Spannungen U_a erreicht wurden.

[0023] Wurden für ein oder mehrere Toleranzbänder bei wiederholten Zyklen die Sollwerte nicht erreicht, dann wird die Anzahl der fehlerhaften Messungen gezählt und gespeichert. Übersteigt die Anzahl der Fehler bzw. der fehlerhaften Messungen einen vorgegebenen Schwellwert, dann kann davon ausgegangen werden, dass ein Defekt vorliegt. Beispielsweise kann die Steuerschaltung fehlerhaft sein oder ein Fehler im Kabelbaum vorliegen. Im anderen Fall, wenn ein Fehler in der Schaltung nicht überschritten wird, können Störungen vorgelegen haben, die für den weiteren Betrieb nicht kritisch sind. In diesem Fall wird der Fehlerspeicher wieder gelöscht, weil nur ein 'vorläufiger Defekt' erkannt wurde.

[0024] Bei einem endgültigen Defekt kann der Aktor vorübergehend nur über eine Diagnoseschnittstelle im Rahmen eines Services zurückgesetzt werden. In alternativer Ausgestaltung ist vorgesehen, den Fehler mit jedem Fahrzyklus neu zu identifizieren. Beide Fälle können in Abhängigkeit von der Applikation wahlweise vorgesehen sein.

[0025] Als weitere Alternative ist vorgesehen, vom Regelbetrieb in den Steuerbetrieb zu gehen, wenn die Regelung

der Ansteuerspannung nicht mehr möglich erscheint. In diesem Fall ist es vorteilhaft, die zuletzt eingestellte Ansteuerspannung U_a beziehungsweise die Reglerausgänge, wie sie zu den Fig. 5 und 6 beschrieben werden, gewissermaßen einzufrieren und weiter zu verwenden.

[0026] Nachfolgend werden zwei alternative Ausführungsbeispiele zur Regelung der Ansteuerspannung bzw. deren Gradienten näher erläutert.

[0027] Fig. 5 zeigt ein Blockschaltbild für eine Regelung des Spannungsniveaus U_a in schematischer Ausführung. Zunächst wird in einem Subtrahierer 51 aus den über Eingängen a und b zugeführte Soll- und Istwerten für der Ansteuerspannung U_a ein Differenzwert gebildet. Dieser wird in einem nachgeschalteten Vergleicher 52 mit der Spannungslage im zugeordneten Toleranzband $B_1 \dots B_4$ (z. B. untere Schwelle S11, obere Schwelle S12) verglichen. Der Ausgang ist mit einem Fehlerentpreller 58 verbunden. Liegt der Meßwert im Bereich 0, dann liegt kein Fehler vor. Liegt der Wert bei 1, dann liegt ein Fehler vor und ein entsprechendes Steuersignal wird an den Umschalter 56 gegeben. Gleichzeitig wird der Differenzwert zu einem nachgeschalteten Regler 53 geführt und über einen Grenzwertgeber 54 dem Umschalter 56 zugeführt. Der Umschalter 56 kann einerseits den Sollwert "einfrieren", andererseits wird er einem Addierer 55 zugeführt, der den Offsetwert zum Sollwert an der Klemme a addiert. Der Ausgangswert wird einem Begrenzer 57 zugeführt, der an einem Ausgang c die Ansteuerspannung U_a für den Aktor 2 ausgibt. Die Umschaltung erfolgt erfindungsgemäß dann, wenn der Differenzwert für eine vorgegebene Anzahl von Meßwerten außerhalb des jeweiligen Toleranzbandes liegt.

[0028] Nachfolgend wird die Funktionsweise der Fig. 6 beschrieben. Während für die Spannungsregelung der Sollwert U_a im wesentlichen vom Raildruck und der Aktortemperatur bestimmt wird, sind für die Berechnung der Gradienten-Sollwerte dU/dt die Aktorspannungen ausschlaggebend. Dieses ist aus dem Blockschaltbild der Fig. 6 ersichtlich. Der zylinderspezifische Spannungswert wird über einen Eingang b einem Differenzglied 61 zur Bildung der Gradienten-Sollkennlinie zugeführt. Diese wird in einem Subtrahierer 62 von einem Gradienten-Istwert subtrahiert, der über einen Eingang a ebenfalls dem Subtrahierer zugeführt wurde. Die Gradienten-Differenz wird einem Vergleicher 63 zugeführt, der diese mit dem vorgegebenen Toleranzband $B_1 \dots B_4$ (beispielsweise unterer Toleranzwert S13, oberer Toleranzwert S14) vergleicht. Das Ausgangssignal gelangt über eine Fehlerentprellung 70 auf den Steuerungseingang des Umschalters 66.

[0029] Des weiteren gelangt das Differenzsignal vom Differenzglied 62 auf einen Regler 64 und anschließend über einen Grenzwertgeber 65 auf den Umschalter 66. Ähnlich wie in Fig. 5 kann das Signal eingefroren oder nach Verknüpfung in Position 67 und 68 einem Begrenzer 69 zur Begrenzung des Stromwertes für den Aktor 2 zugeführt werden. Ergänzend wird in Position 67 der zylinderspezifische Gradienten-Sollwert hinzugefügt. In Position 68 kann über einen Eingang c ein Kapazitätswert für den Aktor 2 eingegeben werden. Des weiteren sind Eingänge f und g für das Minimum-/Maximum der Strombegrenzung 69 vorgesehen. An Ausgang h steht der Stromwert zur Verfügung.

[0030] Die Berechnungen erfolgen vorzugsweise immer für jeden Zylinder des Verbrennungsmotors einzeln, um eine optimale Einspritzung zu erhalten.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Diagnose der Ansteuerung für einen piezoelektrischen Aktor eines Einspritzventils, wobei

mittels des Aktors eine Düsenadel in eine Stellung 'offen' oder in eine Stellung 'geschlossen' gebracht und wobei die Ansteuerspannung (U_a) des Aktors (2) mittels einer Meßeinrichtung in den einzelnen Steuerphasen gemessen wird, dadurch gekennzeichnet, dass für jede Steuerphase ein Toleranzband ($B_1 \dots B_4$) für die Ansteuerspannung (U_a) und/oder den Spannungsgradienten festgelegt wird, wobei das Toleranzband ($B_1 \dots B_4$) unter Berücksichtigung von System- und Einspritzbedingungen, beispielsweise dem Druck, der Temperatur festgelegt wird, und dass eine Diagnoseprüfung derart durchgeführt wird, dass bei Nichterreichen des Spannungsniveaus mit den vorgegebenen Toleranzbändern ($B_1 \dots B_4$) eine Fehlermeldung ausgegeben und/oder gespeichert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuerspannung (U_a) im Bereich der Aktorklemmen (+, -) gemessen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Mehrfacheinspritzung mit einem Ansteuerverlaufszyklus die Ansteuerspannung (U_a) in jeder Phase des Ansteuerverlaufszyklus gemessen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Sollwert für die Ansteuerspannung (U_a) in Abhängigkeit vom Leitungsdruck im Hochdrucksystem bestimmt wird und dass die Toleranzbänder ($B_1 \dots B_4$) vorzugsweise symmetrisch um die Sollwerte gelegt werden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Einspritzventil (1) mit einem doppelt schaltenden Steuerventil (5) ausgebildet ist und dass die Toleranzbänder ($B_1 \dots B_4$) für die Spannungsniveaus 'bottom', 'up', 'Top' und/oder 'down' gebildet werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei Nichterreichen eines der vorgegebenen Toleranzbänder ($B_1 \dots B_4$) der Aktor (2) entladen wird, um in einen sicheren Zustand zu gehen.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei Erkennung des Nichterreichens des vorgegebenen Toleranzbandes ($B_1 \dots B_4$) die Meßwerte für weitere Berechnungen nicht verwendet werden.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer vorgegebenen Anzahl von Meßzyklen der erwartete Toleranzband ($B_1 \dots B_4$) nicht erreicht hat.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass bei Erreichen der vorgegebenen Anzahl von Meßzyklen von "Ansteuerspannung regeln" auf "Ansteuerspannung steuern" umgeschaltet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass bei Erreichen der vorgegebenen Anzahl von Meßzyklen zumindest der betreffende Aktor (2) abgeschaltet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass bei Erreichen der vorgegebenen Anzahl von Meßzyklen die zuletzt bestimmte Ausgangsgröße der Regler für das Spannungsniveau und/oder für den Gradienten beibehalten wird.

12. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass bei Unterschreiten eines vorgegebenen Grenzwertes für die Anzahl von gemessenen Fehlern der Aktor (2) als funktionsfähig erkannt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, dass der Fehlerspeicher zurückgesetzt wird.
14. Verwendung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche für ein Einspritzventil (1) in einem Common-Rail-System eines Kraftfahrzeugmotors.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

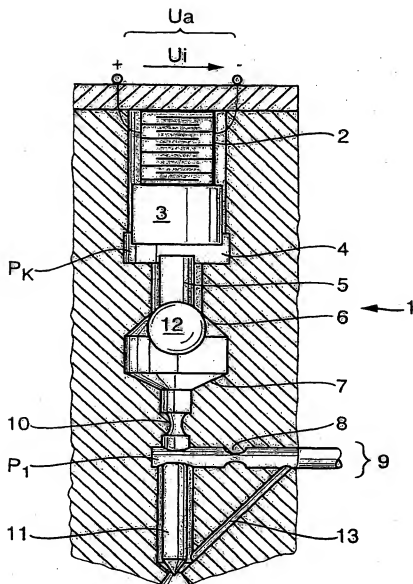


Fig. 1

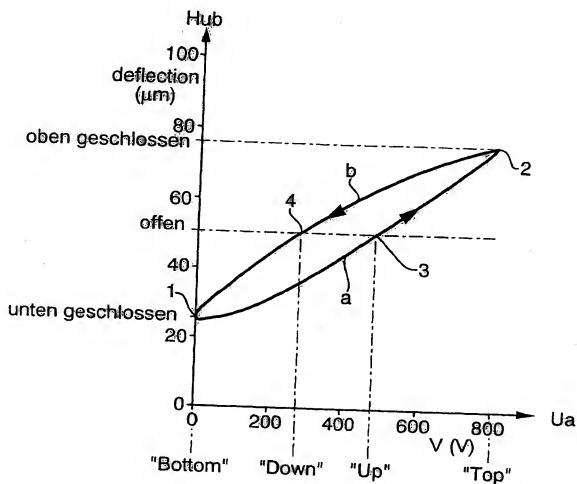


Fig. 2

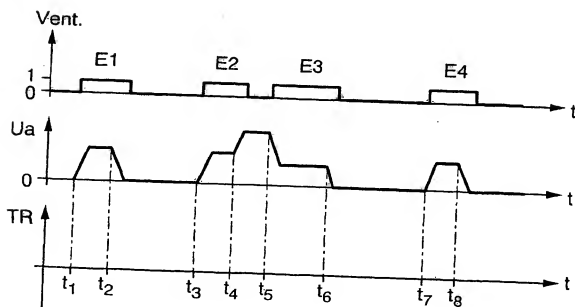


Fig. 3

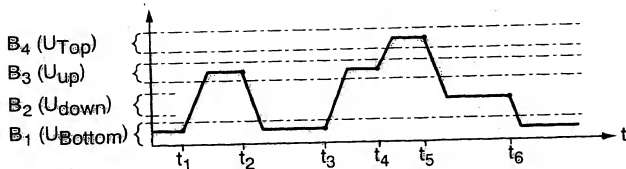


Fig. 4

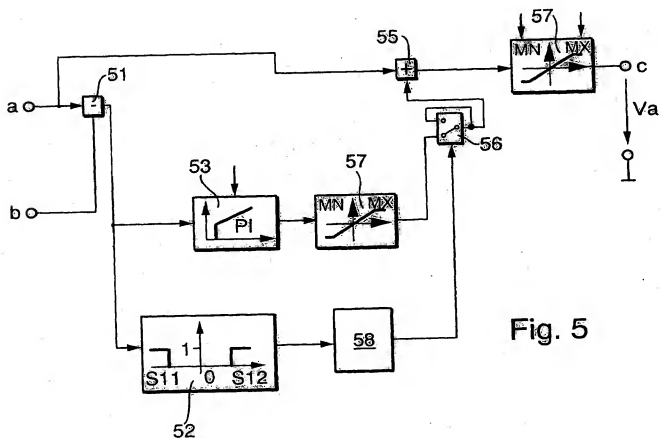


Fig. 5

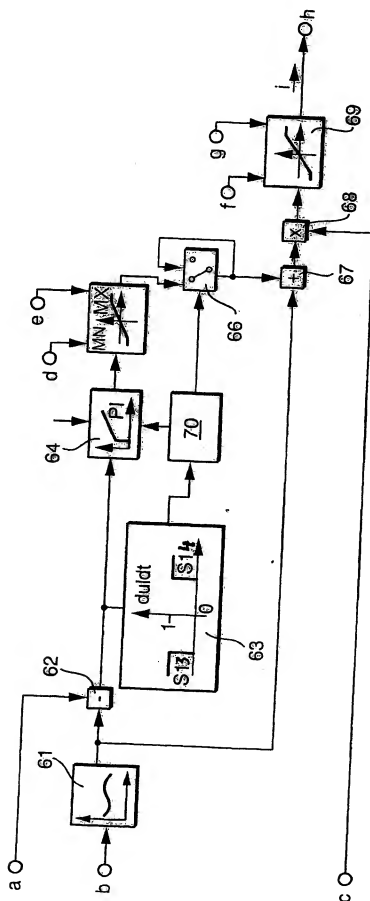


Fig. 6

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)